

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06188294 A**

(43) Date of publication of application: 08 . 07 . 94

(51) Int. Cl.

H01L 21/66
G01R 31/302

(21) Application number: 05124458

(22) Date of filing: 26 . 05 . 93

(30) Priority: 27 . 05 . 92 US 92 889460

(71) Applicant: **KLA INSTR CORP**

(72) Inventor: MEISBERGER DAN
BRODIE ALAN D
DESAI ANIL A
EMGE DENNIS G
CHEN ZHONG-WEI
SIMMONS RICHARD
SMITH DAVE E A
DUTTA APRIL
ROUGH J KIRKWOOD H
HONFI LESLIE A
PEARCE-PERCY HENRY
MCMURTRY JOHN
MUNRO ERIC

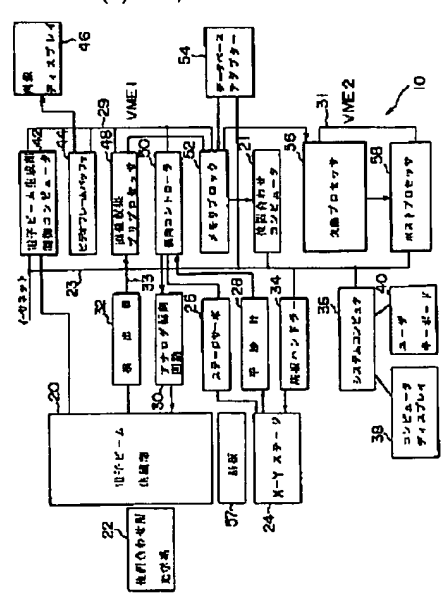
(54) **DEVICE AND METHOD FOR AUTOMATICALLY INSPECTING SUBSTRATE BY USING CHARGE GRAIN BEAM**

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To shorten the time for inspecting an X-ray mask or an wafer by providing the inspection device with a charge grain beam generating part, a detection means for detecting at least one of three kinds of charge grains flowing out from the upper surface or bottom of a substrate and a means for moving a charge grain beam to the surface of the substrate.

CONSTITUTION: A substrate 57 to be inspected is held on a holder, which is automatically loaded on an x-y stage 24 under an electron beam generation part 20 by a substrate handler 34. After a rough positioning work, an accurate positioning work is executed. The incidence of an electron beam upon the substrate 57 and the detection of secondary electrons, rear scattered electrons or electrons transmitted through the substrate 57 are executed by the electron beam generation part 20, a positioning optical system 22, an analog deflection circuit 30, and a detector 32.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-188294

(43) 公開日 平成6年(1994)7月8日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66	C	7377-4M		
G 0 1 R 31/302		6912-2G	G 0 1 R 31/28	L

審査請求 未請求 請求項の数3(全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平5-124458

(22) 出願日 平成5年(1993)5月26日

(31) 優先権主張番号 8 8 9 4 6 0

(32) 優先日 1992年5月27日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 593099528

ケーエルエー・インストルメンツ・コーポレーション

KLA INSTRUMENTS CORPORATION

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

95161 - 9055、サン・ホセ、ビー・オー・ボックス 49055、リオ・ローブルズ 160

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

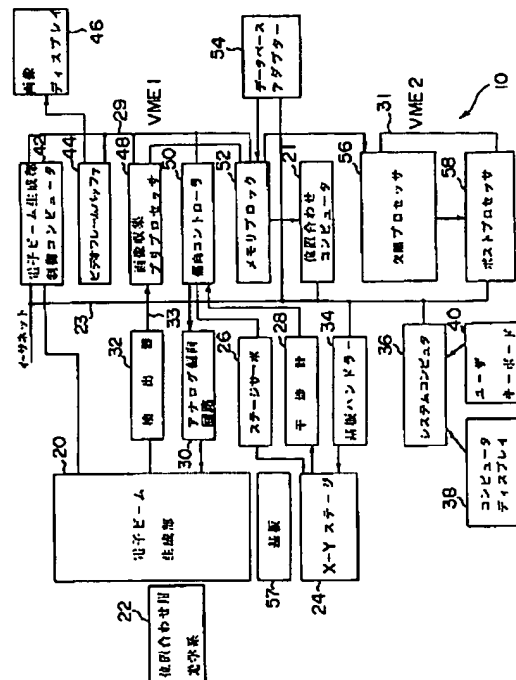
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビームを用いた自動基板検査の装置及び方法

(57) 【要約】

【目的】 汚染物質の擾乱を防止し、欠陥の検出及び分類を高速で行い、汚れを洗浄することのできる、荷電粒子を用いた安価な自動基板検査装置及び方法を提供すること。

【構成】 基板の載置及び位置合わせをする手段又は工程と、基板を含むチャンバの排気及び再加圧により真空制御する手段又は工程と、基板表面に荷電粒子ビームを照射して基板表面の走査をする手段又は工程と、基板表面から生じる荷電粒子を検出する手段又は工程と、荷電粒子ビームを基板表面に対して移動させる手段又は工程と、主にプラズマにより有機汚染物質を酸化させる手段又は工程と、プラズマを励起させる無線周波数を発生する手段又は工程と、選択した領域の圧力を調整してプラズマを形成する手段又は工程とを有している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の表面に荷電粒子ビームを供給して基板の表面を走査する荷電粒子ビーム生成手段と、基板の上面或いは底面から流出する二次荷電粒子、後方散乱荷電粒子、透過荷電粒子の3種類の荷電粒子のうちの少なくとも一つの荷電粒子を検出する検出器手段と荷電粒子ビーム及び基板の両者を相対的に移動させる手段とを具備することを特徴とする、荷電粒子ビームを用いた自動基板検査の装置。

【請求項2】 (a) 基板の位置を測定して荷電粒子ビームを基板上に正確に位置誘導する工程と、

(b) 工程(a)で測定された基板の所望位置に荷電粒子ビームを偏向させる工程と、

(c) 基板の表面の所望位置を荷電粒子ビームで走査する工程と、

(d) 工程(c)の結果として、基板の上面及び底面から流出する二次荷電粒子、後方散乱荷電粒子、透過荷電粒子の3種類の荷電粒子のうちの少なくとも一つの荷電粒子を検出する工程とを具備することを特徴とする、荷電粒子を用いた自動基板検査の方法。

【請求項3】 インシチュ(insitu)、即ち主プロセス実行とはほぼ同じ条件で主プロセスに先行して、中断し或いは後続して稼働可能なプラズマを用いた有機的汚染酸化システム手段と、プラズマを励起させる無線周波数発生手段と、選択した領域の圧力を調整して前記のプラズマを形成する自動プラズマ調整手段とを有する電子ビーム検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、超小型電子回路の作成に使用される様々な種類の基板の自動検査、特に、X線リソグラフィーに使用される光学マスクや半導体ウェーハの検査に関する。

【0002】

【従来の技術と発明が解決しようとする課題】 超小型電子回路を適正な歩留りで生産するには、製造プロセスで使用するマスクやウェーハに欠陥があってはならない。過去12年にわたって光学マスクやウェーハの自動検査用に多くのシステムが開発され、特許されてきた(例えば、米国特許第4,247,203号、米国特許第4,805,123号、米国特許第4,618,938号、米国特許第4,845,558号参照)。これらのシステムでは、フォトマスク又はレチクル又はウェーハ上の二つの隣接するダイを相互に比較している。同様に、ダイをCAD(コンピュータ援用設計(Computer Aided Design))のデータベースと比較して検査する技術が開発されている(米国特許第4,926,487号参照)。しかしながら、X線マスクの欠陥は可視或いは紫外スペクトルでは検出できないので、以上に例示したいずれの光学システムも用途は光学マスクに限定さ

2

れている。また、光学検査は本来的に生じる回折のために解像度に限界があるので、光学リソグラフィーにも限界がある。位相シフト・マスク技術を用いても、光学リソグラフィー技術では0.35ミクロン未満の線幅は達成できない。0.35ミクロン未満の線幅はX線リソグラフィー技術により達成できるものと期待されている。

【0003】 走査型電子顕微鏡技術を用いてX線マスクや高密度のウェーハ・パターンを検査できるのではないかと期待されている。従来の電子顕微鏡を用いてX線マスクやウェーハを検査する実験が、最近各社で行われている。これらの実験では欠陥の検出に成功しているが、従来の電子顕微鏡では検査に時間がかかるだけでなく、高度に熟練したオペレータが必要である。従って、このようなシステムで半導体を製造することは实际的でない。

【0004】 本発明はスパッタリングを防止する設備を備えたインシュチ(in-situ)プラズマ除去システムをも使用している。ローレンス・エフ・バケティック等(Lawrence F. Bacchettik et al)の米国特許第4,665,315号、「電子ビーム光学系のインシュチプラズマ除去のための方法と装置(Method and Apparatus for In-Situ Plasma Cleaning of Electron Beam Optical System)」に開示されているシステムは電子ビーム書き込み装置用であるが、スパッタリングを防止する設備を備えていない。ここで、「インシュチ」とは、主プロセス実行とはほぼ同じ条件で主プロセスに先行して、中断し或いは後続して稼働可能なことを意味する。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の好ましい実施例として荷電粒子を走査して基板を自動検査する方法及び装置を以下に述べる。第1の実施例は基板の自動検査のための装置及び方法であり、基板表面に荷電粒子ビームを供給して走査する荷電粒子ビーム生成部と、基板の上面或いは底面から流出する3種類の荷電粒子(即ち、二次荷電粒子、後方散乱荷電粒子、透過荷電粒子)の少なくとも一つを検出する検出手段と、荷電粒子ビームを基板表面に対して移動させる手段とを有している。

【0006】 第2の実施例は、インシュチ、即ち主プロセス実行とはほぼ同じ条件で主プロセスに先行して、中断し或いは後続して稼働可能なプラズマを用いた有機的汚染酸化システム手段と、プラズマを励起させる無線周波数発生手段と、選択した領域の圧力を調整してプラズマを形成する自動プラズマ調整手段とを有する電子ビーム検査装置である。

【0007】

【作用及び発明の効果】 本発明により、荷電粒子ビームを用いてウェーハやX線マスクや基板などを製造現場で自動的に検査する検査装置を経済的に実現することができる。以下では電子ビームを用いて本発明を説明するが、別の種類の荷電粒子ビームを用いることもできるの

3

で、本発明の範囲は電子ビームに限定されるものではない。本発明は、ウェーハ、光学マスク、X線マスク、電子ビーム近接マスク、ステンスル・マスクなどの検査に主に使用されるが、任意の物質の高速電子ビーム撮像に使用することができる他に、マスクやウェーハの製造でフォトレジストを露光するための電子ビーム書込みにも使用することができる。

【0008】基板が絶縁体か導電体かに応じて2つの基本的な動作モードがある。導電性であるか導電体で被覆されているX線マスク、電子ビーム近接マスク、ウェーハ・プリントの検査には主に「高電圧モード」が用いられる。この場合、高電圧走査ビームを使用しても基板は帯電しない。一方、非導電性材料層を有する製造中のウェーハや光学マスクの検査には主に「低電圧モード」が使用される。低電圧走査ビームを使用することにより帯電や損傷を最小にすることができる。以上の相違を除けば、両モードはいずれも欠陥の検出及び分類を高速で達成する。

【0009】現在の走査型電子顕微鏡は走査速度が非常に遅く、通常の技能を越えた高度の技能を有するオペレータを必要とするので、経済的な観点から判断すると、現在の走査型電子顕微鏡を使用することはできない。

【0010】本発明の新規な特徴は、様々な種類の欠陥を検出できるだけでなく、欠陥の種類を識別できることにある。本発明では「高電圧モード」で後方散乱電子、透過電子、二次電子の検出及び識別を同時に実行できるので、欠陥を即座に分類できる。例えば、X線マスク上の透過検出器のみにより検出される欠陥は、恐らく吸収材料の裂け目であり、二次電子検出器では検出されるが後方散乱電子検出器では検出されない欠陥は有機粒子である可能性が高く、後方散乱電子検出器により検出される欠陥は原子量の大きい汚染物質の可能性はある。X線マスク上の有機汚染物質のようなある種の欠陥はウェーハ上にプリントされないで、様々な種類の欠陥を識別できる能力は本発明の重要な利点である。このように本発明によれば、欠陥を検出することができるだけでなく、それらの欠陥を識別することができる。

【0011】本発明ではシステムを半導体の製造に適したものにするために多くの技術を使用している。例えば、真空排気速度と真空から常圧に戻す加圧速度の両者を共に制限して気体の流れを層流の状態に保つことにより、汚染物質の擾乱を防止している。また、これらの動作を他のサンプルの走査と同時に実行することにより、時間を節約している。この他に、タレットに6個の電界放出源を設けて無駄な時間を更に少なくしている。最後に、通常オペレータの操作により実行される電子ビームの主な調整はコンピュータにより実行されるので、比較的技能の低い者でも本発明のシステムを使用することができる。

【0012】

4

【実施例】図1には本発明の検査システム10の全体のブロック図が示されている。検査システム10はX線マスク、ウェーハ、その他の基板の自動検査装置であり、センサとして走査型電子顕微鏡を使用している。

【0013】この検査システム10は2種類の動作モード、即ち、ダイとダイとの比較モード及びダイとデータベースとの比較モードを有している。いずれのモードでも欠陥の検出は、基板の走査により得られる電子ビーム像を基準と比較することにより行われる。即ち、ダイとダイとの比較検査では、同じ基板の2つのダイからの信号が互いに比較される。ダイとデータベースとの比較検査では、電子顕微鏡から得られる一つのダイからの信号が、そのダイの作成に使用したデータベースからの信号と比較される。

【0014】検査対象である基板57はホルダに保持され、ホルダは電子ビーム生成部20の下方のx-yステージ24に基板ハンドラー34により自動的に載置される。この動作は次のようにして達成される。システム・コンピュータ36から基板ハンドラー34に命令が送られる。基板ハンドラー34は検査対象である基板57をカセットから取り出し、基板57に形成されている平らな部分又はノッチ59（図2ないし図6を参照）を自動的に検出して基板57を適切に方向付けてから電子ビーム生成部20の下に装填する。次に、オペレータが位置合わせ用光学系22を介して基板57を目視により観察しながら、基板の位置合わせ点を決め（基板の特徴を任意に選択して位置合わせ点とする）、ステージのx軸方向への移動が基板のパターンの検査領域のx軸と実質的に平行になるようにする。これで粗い位置合わせ作業が終る。

【0015】粗い位置合わせ作業に引き続いて、精密な位置合わせ作業が行われる。精密な位置合わせ作業は、オペレータが電子ビームで基板を走査し、画像ディスプレイ46に現れる画像を観察しながら行われる。位置合わせに関連するデータは総てが位置合わせコンピュータ21に保存される。この位置合わせコンピュータ21は、システム・コンピュータ36と協調して作動し、ダイをx、yの両軸に沿って走査するのに必要な実際の複合x、y動作を計算する。従って、以後同一種類の基板に関してはオペレータが自ら位置合わせ作業をする必要はない。基板の精密な位置合わせ作業が終了すると、検査工程が開始される。

【0016】電子ビーム生成部20、位置合わせ用光学系22、アナログ偏向回路30、検出器32により、以下に詳述するように、電子ビームの基板57への入射、及び二次電子や後方散乱電子や基板57を透過する電子の検出が行われる。この検出動作とデータの収集は、電子ビーム生成部制御コンピュータ42、ビデオ・フレーム・バッファ44、画像収集プリ・プロセッサ48、偏向コントローラ50、メモリ・ブロック52により行わ

れる。VMEバス、即ち、符号29で示すVME1はサブ・システム間の通信リンクとして機能する。

【0017】基板57の検査中のx-yステージ24の位置と移動は、偏向コントローラ50と、メモリ・ブロック52と、位置合わせコンピュータ21との制御の下で、ステージ・サーボ26及び干涉計28によって制御される。

【0018】ダイとデータベースとの比較モードの場合には、意図するダイ・フォーマットを表す信号の源として、メモリ・ブロック52と通信しているデータベース・アダプタ54が使用される。

【0019】実際の欠陥検出処理は、ポスト・プロセッサ58及び欠陥プロセッサ56によって、メモリ・ブロック52のデータについてなされる。ポスト・プロセッサ58と欠陥プロセッサ56との間の通信は、符号31で示すバスVME2を介してなされる。

【0020】全体のシステムの操作は、イーサネット・バス(Ethernet bus)に類似しているデータバス23を介して他のブロックと通信を行いながら、システム・コンピュータ36、ユーザ・キーボード40、コンピュータ・ディスプレイ38によってなされる。イーサネットはゼロックス社の商標である。

【0021】図2にはダイとデータベースとの比較モードで検査を行う場合の本発明の走査の軌跡が示されている。図2には基板57上にダイ64が一個だけ示されている。このダイ64には検査すべき検査領域65が存在する。この検査領域65は基板57上に重要な情報が記録されている領域である。ダイ64の検査に当たって、x軸方向の有効走査移動は移動するx-yステージ24によりなされ、y軸方向の有効走査移動は偏向により電子ビームを図中符号60で示した走査領域の幅と同じ振り幅で振ることによりなされる。電子ビームがダイ64の右側に達すると、x-yステージ24は電子ビームの振り幅未満の距離だけy軸方向に移動される。基板57のx-y座標系はx-yステージ24及び電子ビーム生成部20のそれぞれのx-y座標系と正確に一致しないので、x-yステージ24の実際の移動と電子ビーム生成部20の実際のビーム偏向は、それぞれがダイ64の走査中にxとyの分力を有している。

【0022】検査領域65を十分に検査するために、検査は図示したように折れ曲がった軌跡62を描いて実行される。折れ曲がった軌跡62のうちのx軸方向の各軌道は、符号60で示した走査領域と同じ幅を有する走査領域であり、いずれも隣接する走査領域と僅かに重なり合っている。

【0023】ダイとデータベースとの比較モードでは、各走査領域に対応する信号が、完璧なダイの対応する走査領域に関するデータベース・アダプタ54からのシミュレーションされた信号と比較される。この処理は、次のダイの検査に移行する前に、現在検査中のダイの検査

領域65の各走査領域に対して繰り返される。

【0024】図3はダイとダイとの比較モードで検査する際の走査の軌跡を示すもので、基板57としては左から右にダイ68、70、66を有しているものを例示している。この検査モードでも、図2の例と同様に、折れ曲がった軌跡63を描いて検査が実行される。しかし、この検査モードはダイとダイとの比較モードであるので、x-yステージ24は、走査領域毎に3個のダイを横切るまでx軸方向に移動し続け、3個のダイを横切ってから初めてy軸方向に移動する。

【0025】この比較モードでは、ダイ68の第1の走査行程で得られたデータはメモリ・ブロック52に記憶され、この記憶データがダイ70の第1の走査行程中に得られるデータと比較される。ダイ68とダイ70とを比較している時に、ダイ70のデータは、ダイ66の第1の走査行程で得られるデータと比較するためにメモリ・ブロック52に記憶される。次に、第2の走査行程に移行する。第2の走査行程は戻り走査行程なので、ダイを通過する順序は逆になり、ダイ66の第2の走査行程により得られるデータはダイ70から得られるデータとの比較のために記憶され、ダイ70から得られるデータはダイ68の第2の走査行程から得られるデータとの比較のために記憶される。この走査と比較の一連の動作を繰り返して基板57の検査領域全体を検査する。

【0026】多重走査統合技術により画像を得ることが必要なこともある。この場合、各ピクセルを長い時間間隔で露光しなければならない。従来の走査顕微鏡ではビームが次のピクセルに移行する前のピクセル滞留時間の長いゆっくりとした走査技術が通常利用されている。ところが、基板の検査システムでは、基板の加熱及び帯電は好ましくないので、ピクセルの記録速度が遅いことは望ましくない。

【0027】多重走査を統合して十分なコントラストを有する画像を得たり、画像の信号対雑音比を改善したりすることが必要な場合もある。信号対雑音比を改善するには、基板の同一位置を何回か走査して得られる信号値を各ピクセル毎に平均化する必要がある。「低電圧モード」(このモードについてはこのシステムの概略の「電子光学」の項で詳述する。)での画像のコントラストは、電子ビームが基板の特定のピクセルの位置に戻ってくる戻り期間にも基板を走査することにより改善することもできる。非導電性の基板の低電圧検査でのコントラストの改善は、「電子光学」の項で説明するように、ビームが戻ってくる間に、特定のピクセル位置の電子を近くの領域が走査されたときに生じる二次電子に置き換えることによっても達成することができる。更に、熱に弱い基板材料の場合には、ピクセル位置をビーム走査する時間間隔を設けてビームにより蓄積される熱を発散させるようにする。

【0028】図4は本発明が採用している走査方法の例

7

を図式的に表したものである。この図には $512 \times m$ 個のピクセルから成る一連の長方形をビームの偏向により4回走査して信号を平均化させる方法が示されている。一連の長方形の各々の中心がステージの移動方向に沿って $m/2$ ピクセル個だけ移動する。

【0029】図4には本発明が信号の平均化、コントラストの改善、熱の発散のために採用している重複フレーム走査技術の例が示されている。図示の例では、各ピクセルが4回走査される。各走査ラインはY軸方向にピクセル数で 512 個の長さを有している。重複フレーム走査のために、 m 個の横に並んだ一連のライン $1 \sim m$ が基板上で走査される。ライン間のx軸方向の間隔はピクセルの大きさに等しく設定されていて、各ラインは連続的にX座標が増大していく。

【0030】図5は図4に示した走査中におけるビームのx軸方向の公称偏向値を時間の関数として図式的に表したものである。水平方向は時間軸であり、垂直方向はX軸上の位置である。

【0031】図5にはビームの偏向に使用しているX軸方向の偏向システムの階段状の出力が示されている。 m 個のラインの走査後に、図5に示されているように、走査はX軸方向に後退する。この偏向システムの下で基板を移動させるステージは、ビームがX軸方向に後退した時に、次の走査ラインの位置が最初の m 個のラインのライン数 $(m/4 + 1)$ に一致するように、X軸方向の速度が調整される。この例では4回繰り返して走査するので、ビームが $512 \times m$ 個のピクセルから成る長方形を4回走査すると、ステージは基板をX軸方向に m 個のピクセル幅の距離だけ移動させる。

【0032】図6は、図4に示した走査中における基板のX座標を時間の関数として図式的に表したものである。水平方向は時間軸であり、垂直方向はビームのX軸上の位置である。

【0033】図6には基板上の一連の走査ラインの各々のX座標が時間の関数として示されている。ここには、偏向システムの下で基板を移動させるステージと、走査ラインを偏向領域内のX軸方向に沿って前後に移動させる偏向システムとの組み合わせにより、ビームが基板上の各ラインの位置を4回走査することが示されている。画像データをメモリ・ブロック52に記録し、適切なメモリ・アドレスからのデータを平均化することにより、平均化されたデータを欠陥プロセッサ56及び位置合わせコンピュータ21に供給することができる。この例では平均化の数として4を用いているが、実際に結合する走査回数とフレーム毎のライン数 m は、雑音の減少、コントラストの強化、検査効率の最良の組み合わせを生成するように選択される。

【0034】ステージの移動方向に垂直なy軸方向の走査は1回の通過による撮像に用いる走査と同じである。ここでは走査は露出間隔 t 毎にピクセル1個分 D だけ進

8

む。 512 個のピクセル幅の走査領域を1回の通過で撮像するには、ステージの速度を $D/512t$ に設定して、1回走査する毎にステージがピクセル1個分だけ進むようにする。通過を数回繰り返して撮像する場合には、基板からみた走査ビームも $D/512t$ ミクロン毎秒の速度で進まなければ平方ピクセルを記録することができない。1回通過する毎に n 個のピクセルを露出して画像を記録するには、ステージを $D/512nt$ 未満の速度でゆっくりと移動させなければならず、しかも走査時間 $512t$ の間に $(1 - 1/n)D$ ミクロンだけ余計にビームを進めて、ステージの移動方向に階段状に走査するようにしなければならない。可変数 m 段後に、x軸方向の走査が後退する。このようにして、走査軌道は $512 \times (1 - 1/n)m$ の矩形フレームになる。基板表面からみると、図4に示す重複フレームのパターンになる。各画像ピクセルの多重露出の時間間隔は $512mt$ である。 m を n より大きく設定している限り、ピクセルの再走査の回数及び繰り返し速度の両者を自由に変更することができる。画像データをメモリ・ブロック52に記録し、適切なアドレスからのデータを平均化することにより、平均化されたデータをあたかも一回のゆっくりとした通過で記録しているかのように、欠陥プロセッサ56に供給することができる。この技術の長所は、パラメータを調整してピクセル相互の露出時間を最適にすることができることである。

【0035】図3に戻ってダイとダイとの比較モードをより詳細に説明する。電子ビームがダイ68と70の走査領域を走査すると、図1に示す3種類の検出器32からの信号33が画像収集ブリ・プロセッサ48に送られ、ここでデジタル信号に変換されてからメモリ・ブロック52に記憶される。ダイ68、70からの両データが同時に欠陥プロセッサ56に送られ、ここで両データ間の重要な不一致が欠陥として指定される。次に、欠陥プロセッサ56からの欠陥データを蓄積して、これがポスト・プロセッサ58に送られ統合される。ポスト・プロセッサ58は、欠陥のサイズや種々の特性を決定し、その情報をシステム・コンピュータ36がバス23を介して利用可能な状態にする。

【0036】ダイとデータベースとの比較検査モードでは、システム10は上記と同様に動作するが、メモリ・ブロック52が一つのダイからのデータを受信する点、欠陥プロセッサ56での比較のための参照データがデータベース・アダプタ54によって提供される点が異なっている。

【0037】基板全体が検査されると、欠陥のリストが欠陥の位置と共にコンピュータ・ディスプレイ38に表示される。オペレータはユーザ・キーボード40によって欠陥の調査を開始できる。この命令に回答して、システム10は各欠陥の周囲を走査し、その像をディスプレイ46上に表示する。

【0038】走査光学

主要な幾つかの素子と電子ビーム生成部20の特別な設計との組み合わせによって、画像形成速度を約100倍以上に早めることができる。信号対雑音比の関係で走査速度には基本的制約があるので、画像形成速度を早めるにはビームの流れ (beam current) を高めることが必須不可欠である。本発明では高輝度高温領域放射源を用いてビームの角速度を高めることによりビームの流れを高めている。しかし、電子の密度が高くなるとクーロン相互に斥力が生じてしまうので、カソードの近傍に高電界を掛けて、ビームの径を急激に拡大させている。電子ビーム生成部では電荷密度を上昇させる電子の交差が生じないようにし、開口数を大きくしてクーロンの斥力の問題を少なくしている。

【0039】基板を例えば100メガピクセル毎秒の高速度で走査しなければ、検出器は連続して走査した2個のピクセルから生じる二次 (リターン) 電子の一時的な識別をすることができない。これは、各ピクセルの滞留時間に比べて到着時間にばらつきのないことが必要であることを意味している。電子がターゲットを離れたら、直ちに電子を加速することにより、各ピクセルの到着時間のばらつきを少なくすることができる。このような対策により検出器での到着時間のばらつきを約1ナノ秒以内に維持することができる。逆バイアスされた高周波ショットキー・バリア検出器を検出対象である電子の種類毎に用いれば、到着時間のばらつきを更に少なくすることができる。ショットキー検出器は単に例として示したのであって、他の種類の半導体検出器を使用してもよい。

【0040】電子光学

電子光学サブ・システムは、機能的には走査型電子顕微鏡に似ており、走査電子ビーム・プローブと、二次電子、透過電子、後方散乱電子の検出素子とを基板表面の撮像用に有している。検査中は、電子ビームが一方方向に走査され、ステージが電子ビームの走査方向に垂直な方向に移動される。低電圧の二次電子か、高エネルギーの透過電子或いは後方散乱電子のいずれかがビデオ信号の生成に使用される。生成されたビデオ信号はデジタル化されて細長い走査領域像の形で記憶される。この電子光学サブ・システムは、高解像度で自動的に欠陥を検出することができるだけでなく、新旧両技術を組み合わせる検査に必要な解像度で雑音の少ない画像を高速に得ることができる。

【0041】ビームは、典型的には、非常に高速な5マイクロ秒周期ののこぎり波掃引を使用して、512個のピクセルから成るフィールド (18-100 μ m幅) を走査する。偏向は歪みを発生することがなく、表面にほぼ垂直なので、撮像特性は走査フィールドで一様である。

【0042】検出効率が高いので、プローブからの電子

により生じる二次電子のほぼ総てを画像形成に使用することができる。検出システムの帯域幅は、走行時間が短いのでピクセル速度に匹敵している。二次電子は共軸で抽出されるので、エッジが基板上でどのような方向を向いていようと、エッジ形状の正確な画像が得られる。

【0043】図7は、光学システムの要素と、その機能を理解するために必要な関連する電源を示している。電子銃は、熱的電界放出カソード81と、放出制御電極83と、アノード・アパーチャ87を有するアノード85とから成る。カソード81は、電源89によって20KeVのビーム電圧に保持されている。カソード81の表面の電界強度に依存する放出量は、バイアス供給源91に接続されている電極83の電圧によって制御されている。電極83の電圧はカソード81の電圧に対して負である。カソード81は電流源93によって加熱される。カソード81の近くの磁気コンデンサ・レンズ95は電子ビームを平行にするために使用される。上部偏向器97は、位置合わせ (位置整合)、スチグメーション (無非点収差)、帰線消去のために使用される。この光学系には数個のホールからなるビーム制限アパーチャ99が更に設けられている。ビーム100は対物レンズ104の前に配置されている一対の静電気偏向器101、103により偏向されて、対物レンズ104の上方の一点の辺りで揺動する。対物レンズ104は下部レンズ極片106、中間電極107、上部レンズ極片105で構成されている。高電圧動作モードでは、対物レンズ104の上部レンズ極片105及び下部レンズ極片106だけを用いてプローブの焦点合わせが行われる。結局ビーム100ははるか遠方で集束する状態で基板57上を走査される。従って、殆ど平行なビームが対物レンズ104により再度収束されて、1x倍に拡大されたビーム発生源の像が形成され、これが基板57を照らす。

【0044】高電圧二次電子撮像モードでは、対物レンズ104により二次電子が抽出される。x-yステージ24、基板57、下部レンズ極片106は電源111によって数百ボルトの負の電位にフローティングされている。その結果、二次電子はこのエネルギー状態に加速されて偏向器112、113を通過する。中間電極107は、電源115によってx-yステージ24に対して正にバイアスされている。この中間電極107は、基板57を離れた電子を直ちに加速すること、及び基板の欠陥領域から発生される二次電子を効率よく収集することに使用される。x-yステージ24と中間電極107との組み合わせにより、二次電子が二次電子検出器117に到達する時間のムラが実質的に除去される。二次電子はレンズ104を通して再び後方に戻るので、帰還二次電子はウィーン・フィルタとして機能する偏向器113、112によって二次電子検出器117の方に偏向される。ここで、帰還ビームは二次電子検出器117のアノード118に接続された電源119により高エネルギー

状態に再加速され、二次電子を増幅に充分なエネルギー・レベルでショットキー・バリア固体検出器である二次電子検出器117に衝突させる。検出器ダイオード（二次電子検出器）117のアノード118は電源121により逆バイアスされている。検出器ダイオード117からの増幅信号は前置増幅器122に送られ、そこから図1の信号33の二次電子コンポーネントである高電圧絶縁ファイバ光学リンク126を介して画像収集ブリ・プロセッサ48及び関連電子回路に送られる。

【0045】部分的に透明な基板を検査できるように、透過電子検出器129がx-yステージ24の下に設けられている。透過電子は基板57を高エネルギーで透過するので、透過電子の再加速は不要である。上部電極素子123、中央部電極素子124、下部電極素子127からなる透過静電レンズにより透過電子ビームはショットキー・バリア固体検出器である透過電子検出器129による検出に適した径に広げられる。上部電極素子123はx-yステージ24と同じ電位に保持され、中央部電極素子124は電源114により0ないし3KVに保持される。透過電子検出器129からの信号は増幅器133により増幅され、図1の信号33の透過電子コンポーネントであるファイバ光学リンク135により伝送される。

【0046】この光学システムは、一次電子とほぼ同じエネルギー・レベルで基板表面を離れる後方散乱電子の収集もできるように設計されている。後方散乱電子検出器160は、ビーム軸の脇に位置している検出器117に類似したショットキー・バリア・ダイオード検出器である。ウィーン・フィルタ偏向器として機能する両偏向器112、113の静電気及び磁気の設定を少し変更することにより、ビームは図の左に偏向して個体検出器である後方散乱電子検出器160に入射する。後方散乱信号は前置増幅器162により増幅され、画像収集ブリ・プロセッサ48に送られる（図1参照）。

【0047】500～1500eVの範囲の低い電圧ビームで撮像するには、対物レンズ系の素子にかなり異なったバイアスをかけ、別の新しい素子を2個使用しなければならない。一次ビーム電子は電源111で基板57、下部レンズ極片106、中間電極107を約-19KVにフローティングすることにより対物レンズ内で減速される。この技術により、電子ビームは経路端の近傍でのみ減速されるので、ビームの経路全体を低ビーム・エネルギーで作動させた場合に画像を劣化させる収差や電子ビーム生成部での相互作用効果を防止することができる。このような構成により、上部レンズ極片105及び下部レンズ極片106との間の減速領域で優れた集束効果が得られる。基板の下には作動極片を一つだけ有しているシュノーケル・レンズ125を更に設けて、基板付近に磁気集束領域を形成している。このレンズの帰還束は下部レンズ極片106を通過してシュノーケル・レ

ンズの外殻に至る。基板の近傍では磁界が強いので、集束効果の他に、低エネルギーの二次電子を深部の特徴から抽出する際の助けになり、二次電子が再加速されて対物レンズ104のボア内を上昇する際に二次電子が平行になる。

【0048】低電圧撮像モードでは、約5eVで基板を離れる二次電子は対物レンズ内で約19KeVに加速される。帯電を最小に止めるには、二次電子が場のない基板付近の短い領域を通過することが望ましい。低電圧モードでは、対物レンズが中間電極107の電圧水準になると、対物レンズから漏れる磁界により基板57の表面付近に加速領域が形成されてしまう。低電圧モードでは、中間電極107は下部レンズ極片106に対して負にバイアスされていて、電源115により最適な低電圧撮像に調整することのできる無磁界領域が形成される。再加速後に、二次電子はウィーン・フィルタ偏向器112及び113を通過し、ここで二次電子は左側に偏向されて高電圧モードで後方散乱撮像に使用した後方散乱電子検出器160に入射する。このようにして検出された信号は前置増幅器162で増幅されてウェーハの低電圧検査用の最も重要な画像信号となる。高電圧絶縁ファイバ光学リンク126及びファイバ光学リンク135は、いずれもこのモードでのウェーハ検査には使用されない。

【0049】図8は、電子ビーム生成部20内及び基板57の下の種々の電子ビーム経路の概略図である。電子は熱的電界放出カソード81から半径方向に放射され、非常に小さな輝点源から発生したように見える。加速場とコンデンサ・レンズの磁場との結合した作用によりビームはコリメートされて平行ビームになる。使用できない角度で放射された電子は電子銃のアノード・アパーチャ87により遮蔽され、使用できる角度で放射された電子のみがビームとしてビーム制限アパーチャ99に入射する。図7の上部偏向器97でスチグメーション及び位置合わせをすることにより、ビームは断面形状が最終的に丸くなり、図7の素子105、106、107からなる対物レンズの中心を通過する。図7の磁気コンデンサ・レンズ95は中心が熱的電界放出カソード81とビーム制限アパーチャ99により規定される軸に一致するように機械的に位置づけされる。偏向により電子は図示の経路を辿って対物レンズ104から放出され、走査収束されて一点で基板に衝突する。

【0050】走査されるビーム100の径と流れ（current）は、幾つかのファクターにより決まる。ビームの流れは、放射源からの角放射（1.0 Ma/ステラジアン）と、ビーム制限アパーチャ99により規定されるアパーチャ角により決まる。ビームの径は、球面収差と色収差を最小にするために高励起（視野幅/焦点距離）に設計されている両レンズの収差により決まる。基板57上に投影されるビームのサイズは、ほぼ半分がビームの相

13

相互作用効果（ビームを構成している個々の電子間の反発による統計的ばけ）により決まるので、このような高強度ビーム・システムではビームの相互作用が重要である。ビーム経路を40cmと短くし、電子源及び基板57のそれぞれに比較的大きな半角のレンズを使用して、電子源と基板57との間で電子の交差（crossover）が生じないようにすることにより、ビームの相互作用の影響を最小に抑えることができる。前述の諸影響の均衡を保ちながら、ビーム流をできる限り最大に維持できるアパーチャ径を選択することにより、所定のビーム・スポットが得られる。レンズの強度を変化させてビーム源からのビームを拡大したり縮小したりすることによってもビームのスポット・サイズを変更することができるが、このようなシステムでは、まずアパーチャを使用してスポット・サイズが調整される。

【0051】高電圧モードでは、ウィーン・フィルタ偏向器として機能する図7の両偏向器112及び113は、高エネルギーの走査ビーム100に殆ど影響を与えないで、約100eVの二次電子ビーム167を偏向する。ウィーン・フィルタ偏向器は（互いに直角に）電場と磁場が交差するように配置されている静電的8極偏向器112と4極磁気偏向器113とで構成されている。帰還二次電子は両方の場によって側方に偏向される。しかしながら、一次走査電子のビーム100は反対方向に移動しているので、両方の場の強度を適切に選択して、ウィーン・フィルタ偏向器が二次電子ビーム167を広角に偏向しても、一次走査ビーム100にはなんらの影響も及ぼさないようにしなければならない。いわゆる「ウィーン・フィルタ」は共軸抽出に効果的に使用される。二次電子検出器117のアノード118は、再加速の間に二次電子ビーム167が固体検出器である二次電子検出器117のコレクタに集められ収束されるような形状をしている。

【0052】図8には、透過電子と後方散乱電子の検出経路も示されている。後方散乱電子を高電圧動作で検出し、二次電子を低電圧動作で検出するために、両ウィーン・フィルタ偏向器112、113に別の動作をさせ、これにより後方散乱電子や二次電子がシステムを上昇するように示されている経路を通して後方散乱検出器160へ至るようにする。一部透明な基板を撮像した場合には、電子の中にはエネルギーを一切失わずに基板57を透過するものがある。このような透過電子は図7の上部電極素子123及び中央部電極素子124を通過して、透過電子検出器129に入射するが、両電極素子はレンズとして機能して透過電子108を広げるので、透過電子は広がってから透過電子検出器129に入射する。高電圧モードで透過信号を得る場合には、シュノーケル・レンズ125は低電圧二次撮像に必要なレンズの場を実質的な影響を与えずに透過電子がシュノーケル・レンズ125の孔を通過できるようにする。

14

【0053】基板57、下部レンズ極片106、中間電極107を高電圧にフロートさせる低電圧モード動作では、ビームの経路は類似しているが対物レンズの動作がかなり相違している。シュノーケル・レンズ125が基板57を貫通して下部レンズ極片106の内部にまで達する磁界を発生する。電子が上部レンズ極片105、中間電極107、下部レンズ極片106の辺りの磁界により減速すると、屈折率が大きくなるので有効焦点距離が比較的短くなる。この種の減速液浸レンズは収差が驚くほど小さい。この種の減速液浸レンズは、中間電極107が負にバイアスされていて基板57の近傍に電界のない短い領域が形成されている限り、放出電子顕微鏡検査法に用いられる通常のカソード・レンズと相違している。基板にバイアスをかけても低エネルギーの二次電子が中間電極107の作用により基板に戻るので充電効果が中和される。

【0054】磁界のない領域から離れた二次電子は、中間電極107と上部レンズ極片105との間の領域で再加速される。二次電子は電子銃から放出される20KeVの一次ビーム・エネルギーから基板に衝突したエネルギーを引いた量にほぼ等しいエネルギーで上部レンズ極片105から出てくる。対物レンズ領域では以後の経路は一次ビームに類似しているが、二次電子は広い角分布で放出されるので、角度は非常に広がっている。この二次電子ビームは低電圧二次電子検出器160に向かう。低電圧二次電子検出器160は高電圧で後方散乱撮像に使用した後方散乱電子検出器160である。帰還二次電子ビーム1040のエネルギーは一次ビーム・エネルギーに匹敵するので、非常に強力なウィーン・フィルタ偏向器112及び113により偏向する必要があるが、一次ビーム100の経路にほとんど影響しないように偏向することができる。

【0055】低電圧モードは部分的に絶縁されている基板の検査にしばしば用いられるので、帯電を最小限に抑える技術が重要である。二次電子（低エネルギーの二次電子や後方散乱電子）の数と基板に入射する一次ビーム電子の数とが等しくない場合に、絶縁領域が帯電する。撮像対象である表面はどのような物でも微細構成及び材料により電荷の均衡が変化する。二次電子の散乱によるエネルギー放射量は入射ビームのエネルギーに応じて変化するが、多くの材料では200～1500E vの範囲より大きく、その他の材料ではこの範囲より小さい。二次電子の散乱によるエネルギー放射量が200～1500E vの範囲より大きい場合には、表面は正に帯電している。

【0056】二次電子は0～20eVのエネルギー範囲で基板57の表面を離れるが、最も可能性の高いエネルギー値は2.5eVである。基板57の表面付近の電界を例えば中間電極107の電位により制御できるのであれば、適用する電界や二次電子が基板を離れるエネルギ

一に依じて二次電子を基板から放出させたり、基板に戻したりすることができる。例えば、約10 eVの抑制電位壁が形成されている場合、基板57の一点から放出される二次電子はほんの僅かだけが電位壁を越えて検出器に入射する。

【0057】磁界から離れる二次電子や後方散乱電子の放出量が一次ビームの電子の量よりも多い場合には、基板57は正に帯電し、中間電極107により形成される抑制電位壁のサイズが増大する。従って、エネルギーの低い二次電子はほとんどが留まってしまう。表面電位は均衡するまで正に変化している。二次電子や後方散乱電子の放出量が一次電子の量よりも少ない場合には、表面は負に帯電し、中間電極107により形成される抑制電位壁が低くなる。従って、低エネルギーの二次電子が大量に放出される。表面電位は均衡するまで正に変化している。このような状況の下である期間が過ぎると表面電位が安定する。基板の領域内に大きな電位差が生じること

を防止するためには、中間電極107を適切に調節して平行状態（一次電子ビームの強さが二次電子の強さと等しい状態）が平均して得られるようにすることが重要である。

【0058】微細構成及び材料の相違が二次電子のエネルギー放射量に影響するので、基板の別の領域では平行電圧は変化する。しかしながら、平行であれば、二次電子の発生量は全領域で同一になる。即ち、平行状態で撮像した基板像にはコントラストは生じない。この問題を回避するために、ピクセル毎の照射量を低く抑え、必要があれば、先に述べた「多重フレーム走査」技術を用いて再走査して、好ましい画像統計を得るようにする。

【0059】走査の軌道間の時間を制御することにより、走査と走査との間に隣接領域で発生する電子により基板を中和することができる。この技法の重要な要素は、電界を制御する中間電極107と重複フレーム走査軌道である。

【0060】カソードの寿命が短くても電子銃の信頼性を高めることができるように、電子銃は、図9に示すように、高電圧にフロートされた六角形の回転タレット137上に設けられた6個のカソード制御電極アセンブリを有した構成にしてある。各アセンブリは回転してアノード・アパーチャ87の真上に移動して固定され、図7の適当な電源91、93と電気的に接続される。

【0061】図7でレンズの前に配置されている静電気偏向器101、103から成る静電気偏向システムは、

16
けられている。レンズと偏向ノスチグメーション素子と全高電圧供給源とは、いずれも図1に示した電子ビーム生成部制御コンピュータ42にインターフェースされているデータ収集制御システムの制御の下にある。ある機能を果たすために偏向比及び静電プレート電圧を調整するルーチンは電子ビーム生成部制御コンピュータ42に内在していて、電子銃の制御及び調整はアナログ・デジタル・フィードバックを使用して放出量、アパーチャ通過量、電源供給量を設定する調整ルーチンにより修正された定格値に基づいている。

【0063】ビームの位置合わせは、レンズの透過流が変化したときに偏向を除去する他の公知のルーチンに基づいてなされる。この操作には2軸フレーム走査機能によって撮像される特定のテスト・サンプルが用いられ、位置合わせ及び検査に必要な画像分析能力も用いられる。焦点は基板の高さの変化を補償するために自動的に維持されるが、スチグメーションが検査の前になされる。これらのルーチンは、画像収集プリ・プロセッサ48及び関連電子回路による画像のコントラストと調和内容の解析に基づいている。

【0064】高電圧モードで光学系が定格状態で作動している場合、本発明では20 KeVのビーム・エネルギーでビームのスポット・サイズは300nmで0.05μmから1,000nmで0.2μmまで変化する。走査速度は、100メガ・ピクセル/秒で撮像される512個のピクセル走査フィールドを使用して5マイクロ秒である。二次電子検出器117のダイオード電流増幅率は、5 KeVで約1000倍から20 KeVで5000倍である。0.05マイクロ・メートルのスポットを使用して100メガピクセル/秒で約14%を越えるエッジ・コントラストのサンプルの場合には、この範囲の作動状態を越えてシステム全体を作動させることができる。収集電子回路により複数本の走査ラインの集積化が可能なので、低コントラスト又は高解像度の画像を低帯域幅で記録することができる。

【0065】低電圧モードでは、上部レンズ極片105までのビーム・エネルギーは20 KeVで、基板でのビーム・エネルギーは800 eVである。ビームの強さとスポット・サイズとの関係は25naで0.05μm及び150naで0.1μmである。走査期間と場のサイズは高電圧モードの時と同じである。後方散乱電子検出器160の増幅率は5000倍である。0.05マイクロ・メートルのスポットを使用して100メガピクセル/秒で約20%を越えるエッジ・コントラストのサンプルの場合には、この範囲の作動範囲を越えてこのシステムを作動させることができる。

【0066】欠陥プロセッサ
欠陥プロセッサ56は、ダイとダイとの比較検査の場合には、ダイ68から得られる画像データをダイ70から得られる画像データと比較し、ダイとデータベースとの

17

比較検査の場合には、ダイ64から得られる画像データをデータベース・アダプタ54から得られるデータと比較する。欠陥プロセッサ56のルーチン及び基本的構成は、米国特許第4,644,172号に開示されている欠陥プロセッサのルーチン及び基本的構成とほぼ同じである。米国特許第4,644,172号は1987年2月17日に発行されて、本出願の出願人に譲渡されたもので、発明者はサンドランドその他であり、発明の名称は「自動ウェーハ検査システムの電子制御」である。この米国特許では欠陥を決定するのに3つのパラメータを使用しているが、本発明では4つのパラメータを使用している。

【0067】ダイとダイとの比較検査或いはダイとデータベースとの比較検査のどちらも、データはメモリ・ブロック52から得ているか、(位置合わせの補正をどのようにして実行するかに応じて)位置合わせ後に位置合*

$$S_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

【0070】従って、傾きの大きさは $[(S_x)^2 + 20 \times$ 【0071】

$(S_y)^2]^{1/2}$ であり、方向は $\tan^{-1}(S_y/S_x)$ 【数2】

である。曲率は以下のように定義される。

※

$$c = \begin{pmatrix} a_{11}R_{-2,-2} & a_{12}R_{-2,-1} & a_{13}R_{-2,0} & a_{14}R_{-2,1} & a_{15}R_{-2,2} \\ a_{21}R_{-1,-2} & a_{22}R_{-1,-1} & a_{23}R_{-1,0} & a_{24}R_{-1,1} & a_{25}R_{-1,2} \\ a_{31}R_{0,-2} & a_{32}R_{0,-1} & a_{33}R_{0,0} & a_{34}R_{0,1} & a_{35}R_{0,2} \\ a_{41}R_{1,-2} & a_{42}R_{1,-1} & a_{43}R_{1,0} & a_{44}R_{1,1} & a_{45}R_{1,2} \\ a_{51}R_{2,-2} & a_{52}R_{2,-1} & a_{53}R_{2,0} & a_{54}R_{2,1} & a_{55}R_{2,2} \end{pmatrix}$$

ここで、係数 a_{ij} は状況に依存して選択されるパラメータの組であり、 R_{ij} は以下のように定義される

【0072】

【数3】

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} b_{11}I_{-1,1} & b_{12}I_{-1,0} & b_{13}I_{-1,-1} \\ b_{21}I_{0,1} & b_{22}I_{0,0} & b_{23}I_{0,-1} \\ b_{31}I_{1,1} & b_{32}I_{1,0} & b_{33}I_{1,-1} \end{pmatrix}$$

★

$$b_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad a_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -2 & 2 & -1 \\ -2 & -2 & 0 & -2 & -2 \\ -1 & 2 & -2 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

【0074】上述した方法で、両画像についてピクセル毎にI、G、P、Cの値を求める。ダイ68のピクセルAに関するこれらのパラメータがダイ70の対応するピクセルBのパラメータと比較され、更にピクセルBに隣接する8個のピクセルのパラメータと比較される。ピクセルBに隣接する各ピクセルについて、少なくとも一つのパラメータがピクセルAの対応するパラメータと所定の許容誤差を越える値だけ相違している場合には、両ダイの欠陥を示すフラッグがピクセルBに付けられる。

*わせコンピュータ21から得ている。データの形式は検出器の種類毎にピクセル当たり6ビットである。欠陥プロセッサ56では、両データが入力される各検出器のピクセル毎に下記の4つのパラメータが決定される。

【0068】

- a. I: ピクセルのグレースケール値
- b. G: グレースケール・ピクセルの傾きの大きさ
- c. P: グレースケール値の傾きの位相又は向き
- d. C: 局所的な傾きの輪郭の曲率

10 グレースケール値は、特定のピクセルに対するメモリ・ブロック52の単なる値である。傾きの大きさと傾きの方向は次のようにして得られる。まず、ソーベル演算子のxとyの成分を計算する。

【0069】

【数1】

$$S_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

★ここで、 I_{ij} は、画像のi番目の列とj番目の行におけるピクセルのグレースケール値であり、 a_{ij} と b_{ij} は経験的に得られるパラメータである。好ましい実施例における代表値は以下の通りである。

【0073】

【数4】

【0075】同様に、ダイ70の各ピクセルのパラメータがダイ68の対応する隣接ピクセルのパラメータと比較され、所定の許容誤差を越えて相違しているピクセルに欠陥を示すフラッグが付けられる。

【0076】このアルゴリズムは、上述の米国特許第4,644,172号に開示されているパイプライン・ロジックで実行することができる。行列演算は、100メガピクセル/秒の速度で欠陥データを計算できるパイプライン計算システムに接続されたアプリケーション・スペシフィック

19

ク・インテグレートッド・サーキット (Application Specific Integrated Circuit (ASIC)) で実行される。

【0077】偏向コントローラ

偏向コントローラ50は、ダイとダイとの比較モードでは、ダイ68の各走査領域60内の等距離グリッド点に電子ビーム100を位置付ける。このようにして得られる検出器129、160、117の出力がダイ70の対応する位置における同じ検出器129、160、117の出力と比較される。同様に、ダイとデータベースとの比較モードでは、データベース・アダプタ54から得られるシミュレートされた画像と、ダイから得られる二次電子検出器117の出力とが比較される。偏向コントローラ50は、図10を参照して以下に説明するように、x-yステージ24及び電子ビーム100の位置を制御して電子ビームの位置付けをする。

【0078】走査領域内の第1のダイを走査する場合には、位置合わせコンピュータ21の出力はゼロに設定される。第1のダイの第1の走査領域の走査中には、不整合は生じないからである。従って、第1のダイの第1の走査領域の走査中には偏向コントローラ50は電子ビーム生成部制御コンピュータ42のみから命令を受ける。偏向コントローラ50は、電子ビーム生成部制御コンピュータ42の命令と、x軸及びy軸の両干涉計28から得られる位置データとに基づいて、x-yステージ24の望ましい移動量を計算し、この移動量に対応する信号をステージ・サーボ26に送ってx-yステージ24を移動させる。偏向コントローラ50は、同様にしてビーム100の所望の偏向量を計算し、偏向量のデータをアナログ偏向器回路30に送る。x-yステージ24が移動すると、その位置はx軸及びy軸の両干涉計28により定期的に監視される。所望のx-yステージ位置との不一致が見つかったと、この不一致に基づいて誤差信号が生成される。この誤差信号は偏向コントローラ50によりステージ・サーボ26に帰還される。x-yステージ24には慣性力が作用するので、誤差が頻繁に生じると誤差信号ではx-yステージの位置を修正することができない。x軸及びy軸の両方向に頻繁に生じる誤差は電子ビーム100の偏向により修正される。この場合、偏向コントローラ50は電子ビーム100の偏向量を計算し、偏向量に対応する信号をデジタル形式でアナログ偏向器回路30に送る。

【0079】ビーム100がダイ68を走査すると、グレイスケール値がメモリ・ブロック52に記憶される。電子ビーム100がダイ70を走査し始めると、ダイ70のグレイスケール値がすぐにメモリ・ブロック52に記憶され、欠陥プロセッサ56及び位置合わせコンピュータ21に送られる。位置合わせコンピュータ21では、ダイ68及びダイ70のそれぞれからのデータが位置合わせ (位置整合) のために比較される。位置が整合していない場合には、位置整合修正信号が発生されて偏

20

向コントローラ50に送られる。この位置整合信号はビーム100を基板57の正確な位置に位置付ける微調整に使用される。

【0080】ダイとデータベースとの比較モードでは、偏向コントローラ50は、ダイとダイとの比較モードの場合とほぼ同様に働くが、走査領域の第1のダイから得られる入力画像の代わりにデータベース・アダプタ54の出力が用いられる点が相違している。

【0081】偏向コントローラ50は、このモードでもx-yステージ24の移動量、速度、方向、電子ビームの偏向に関するパラメータを計算し規定する。

位置合わせコンピュータ

位置合わせコンピュータは、グレイスケール値の形式で両デジタル画像を受信して、画像間の位置整合のずれをピクセルの僅かなずれとして判定する。位置合わせのための計算の好ましい実施例は、米国特許第4,805,123号に開示されている。この米国特許は1989年2月14日に発行されて、本出願と同じ譲受人に譲渡されたもので、発明者はスベヒト等 (Specht et al) で、発明の名称は「改良された欠陥検出器及び位置合わせサブ・システムを有しフォトマスク及びレチクルの自動検査をする装置及び方法 (Automatic Photomask and Reticle Inspection Method and Apparatus Including Improved Defect Detector and Sub-System)」である。この好ましい実施例では、位置整合修正信号51は検査領域全体に亘って連続的に計算される。このようにして算出された位置整合修正信号は位置合わせコンピュータによりメモリ・ブロック52からの画像の移動又は移動及び補間 (サブ・ピクセルの移動) に用いられる。或いは、位置整合のずれが走査中に急激に生じることはないものと仮定して、基板57上の少数の特定特徴点を選択し、選択した特徴点のみについて位置整合のずれを計算しても良い。この場合には、位置整合の計算にフォース・コンピュータ社 (Force Computer, Inc.) のモデルCPU30ZBEのような単一ボード・コンピュータを使用することができる。位置整合修正信号は位置の不整合を減少させるために以後のデータ収集位置をずらすことにも使用できれば、メモリ・ブロック52から欠陥プロセッサ56に送られる画像間のずれの判定にも使用できる。

【0082】アナログ偏向

アナログ偏向器回路30は、20極プレートで構成されている図7の静電偏向器101及び103用のアナログ勾配関数を発生する。アナログ偏向器回路30の動作は図12に示されている。偏向コントローラ50からのデジタル信号は、勾配DAC230によりアナログ電圧に変換されてから勾配発生器232に導かれる。勾配の大きさ (サイズ) はDAC234により変更可能で、片寄りはDAC236により制御される。サンプル及びホールド回路238は勾配の開始の規定に使用され、サンプル及びホールド回路240は勾配の終了の規定に使用され

る。高電圧で低ノイズのドライバが波形を増幅してダイナミック・レンジが±180Vの勾配を発生し、この勾配が静電偏向器101、103に印加される。

【0083】メモリ・ブロック

メモリ・ブロック52は3個の同一なモジュールから成り、各モジュールは二次電子検出器117、透過電子検出器129、後方散乱電子検出器160のいずれか一つに対応している。

【0084】図13に概念的に示すように、メモリ・ブロック52の各モジュールは2個の先入れ先出し方式 (First In - First Out) メモリから成る。第1の先入れ先出し方式メモリは各検出器によりダイ68から得られる全走査領域のグレイスケール値を記憶し、第2の先入れ先出し方式メモリは短くて、ダイ70の数回の走査のみに対応して各検出器により得られるグレイスケール値を記憶する。両先入れ先出し方式メモリからの出力は、欠陥プロセッサ56と位置合わせコンピュータ21に送られる。各先入れ先出し方式メモリは100 Mhz の速度で動作し、検出器当り8ビットの精度で各ピクセルのグレイスケール値を記憶する。

【0085】メモリは、検出器毎に画像収集プリ・プロセッサ48から並列に送られてくる8バイトを入力レジスタ302で受け取る。入力レジスタ302はシフト・レジスタのように働くもので、8バイトを右に移してから他の8バイトを受け取る動作を入力レジスタ302の8個のセクションが一杯になるまで繰り返す。入力レジスタ302の8個のセクションが一杯になると、64バイトがメモリ303にクロックで送られる。

【0086】メモリ・ブロックにはDRAM303を使用することができ、通常は128メガバイトが使用される。

画像収集プリ・プロセッサ

画像収集プリ・プロセッサ48は、各検出器117、160、129からのアナログ信号を100 Mhz の速度で8ビット値にデジタル変換し、メモリ・ブロック52に記憶するために出力信号を再フォーマットする。

【0087】画像収集プリ・プロセッサ48は3個の同一のモジュールから成り、その内の一つが図14に示されている。各モジュールは対応する検出器からの出力を受け取り、受け取った出力を8ビットにデジタル化し (AD変換器9)、多重走査積算器11に送る。多重走査積算器11の目的は、同じピクセルからのグレイスケール値を平均化してノイズを減少させることにある。ある場合には、同一ピクセルを数回にわたって走査して得られた結果、即ち、サンプリ化して得られた結果が、そのピクセルの平均値になる。この値はシフト・レジスタ13に送られる。シフト・レジスタ13は8バイトをシリアルに受け取り、受け取った8バイトをメモリ・ブロック52にパラレルに送る。

【0088】干渉計

x-yステージ24はx軸及びy軸の位置がテレトラックTIPS V (Teletrac TIPS V) のようなx-y干渉計28により監視される。x-yステージ24の位置は、最下位ビットが約2.5 ナノメートルに対応している28ビットの精度で規定される。

【0089】システム・コンピュータ

検査システム10の全体の制御はシステム・コンピュータ36によってなされる。システム・コンピュータ36は他の段取りタスクを含めて種々様々な一連の工程を順序だてて実行する。一つながりになっている各工程はいずれもプログラムに従って所定の時間に達成される。数種類の一連の工程が相互に矛盾しない場合には、システム・コンピュータ36の処理能力が最大になるように、相互に矛盾しない数種類の一連の工程を同時に実行する。

【0090】システム・コンピュータ36が実行するルーチンは、マウスやトラック・ボール・ポインティング・デバイスを備えたユーザ・キーボード40を介してか、遠方のコンピュータとのデータ通信によりシステムとユーザとが対話できるように設計されている。局所との対話の場合には、コンピュータ・ディスプレイ38にシステム・コンピュータ36からのグラフィックやテキストが表示される。

【0091】システム・コンピュータ36のルーチンは、4つの通信タスクに組織化されている。

1. 電子ビーム生成部制御コンピュータ42、ポスト・プロセッサ58、基板ハンドラー34との通信をするマスター・タスク。このタスクは、レンズの設定や、真空圧や、ビーム流等の装置動作パラメータを記録しているファイルをシステム・コンピュータに保持する。

【0092】2. コンピュータ・ディスプレイ38上の表示を管理し、ユーザ・キーボード40及びマウスからの入力を扱うユーザ・インターフェース・タスク。このタスクは、ユーザ・キーボード40やマウスからの入力に回答してデータ・ファイルを変更したり、メッセージをシステムの他の部分に伝送して処理を開始させたりする。

【0093】3. 画像収集用検査領域の特徴をマスター・タスクを介して電子ビーム生成部制御コンピュータ42に伝送する検査タスク。

4. ユーザ・キーボード40からのコマンド入力を可能にするコマンド言語解釈タスク。このタスクは繰返し動作の自動スケジュールを可能とするタイマーの管理もする。更に、このタスクは、装置の動作や動作の生じる時間が総て記載されているテキスト・ログファイルの生成及び更新の処理をする。このタスクは通常サービス・エンジニアが装置を制御する際にのみ使用される。

【0094】システム・コンピュータの例として、ユニックス・オペレーティング・システム (UNIX operating system) の下で作動するサン・マイクロシステムズ社

23

のスパーク・プロセッサ (Sun Microsystems SPARC processor) がある。ユニックス (UNIX) はAT&T社の登録商標である。

【0095】電子ビーム生成部制御コンピュータ

電子ビーム生成部制御コンピュータ42は、オートフォーカス・コンピュータ、真空制御コンピュータ、偏向指令コンピュータから成る。オートフォーカス・コンピュータについては「オートフォーカス・システム」の項で機能と具体例を説明し、真空制御コンピュータについては「真空システム」の項で機能と具体例を説明する。

【0096】電子ビーム生成部制御コンピュータ42は、システム・コンピュータ36から指令を受ける。電子ビーム生成部制御コンピュータ42には、フォース・コンピュータ社 (Force Computer, Inc.) が製造しているCPU 30ZBE のような68030 ベースの単一ボードのコンピュータを使用することができる。

【0097】ポスト・プロセッサ

ポスト・プロセッサ58は、欠陥プロセッサ56から、総ての欠陥ピクセルを示すマップを検出器毎に受信する。ポスト・プロセッサ58はこれらのマップを結び付けて、欠陥毎にサイズと位置を決定し、欠陥の種類に応じて分類する。このようにしてシステム・コンピュータ36にとって利用可能なデータが得られる。ポスト・プロセッサ58には、フォース・コンピュータ社 (Force Computer, Inc.) が製造しているCPU 30ZBE のような68030 ベースの単一ボードのコンピュータを使用することができる。

【0098】ビデオ・フレーム・バッファ

ビデオ・フレーム・バッファ44は、ピクセル1個当たり12ビットで、480×512個のピクセルを記憶できる記憶容量を有している商業的に入手可能なビデオ・フレーム・メモリである。適切なフレーム・バッファとしてはイメージ・テクノロジー社 (Image Technology Inc.) のモデルFG100Vを挙げることができる。ビデオ・フレーム・バッファは画像ディスプレイを1秒間に30回リフレッシュする。

【0099】画像ディスプレイ

画像ディスプレイ46は、ソニー社のモデルPVM 1342Qのような、商業的に入手可能なカラー・モニタである。疑似カラー技術を用いてオペレータが画像を容易に評価できるようにしている。疑似カラー技術は白黒画像の灰色の濃淡値に異なる色を割り当てるものである。

【0100】データベース・アダプタ

データベース・アダプタ54は、ダイに形成するパターンの設計に使用した計算機援用設計データに基づいて各ピクセルに対応するグレースケールを生成する画像シミュレータである。データベース・アダプタの入力装置の典型は、集積回路のパターン形成に使用するフォーマットのデジタル磁気テープである。デジタル・データは、画像収集ブリ・プロセッサ48の出力と同じフォーマッ

24

トで走査領域を表す一連のピクセル・データに変換される。このようなデータベース・アダプタは、米国特許第4,926,489号に既に開示されている。米国特許第4,926,489号は、1990年5月15日に発行され、本出願と同じ譲受人に譲渡されており、発明者はダニエルソン等 (Danielson et al) であり、発明の名称は「レチクル検査システム (Reticle Inspection System)」である。

【0101】基板ハンドラー

10 基板ハンドラー34は、カセットから基板57を自動的に取り出して、取り出した基板を適切な方向に向けて基板ホルダに載置する機能を有するものであり、半導体産業でウェーハの搬送や取り扱いに通常使用されているウェーハ・ハンドラーに類似したロボット工学装置である。基板ハンドラー34は、図2及び図3に示されている平らなノッチ59を先ず検知する。基板ハンドラー34は、基板57の回転の中心から半径方向に延びるリニアCDDセンサで光学的に平らなノッチ59を検知する。基板が回転すると、リニアCDDセンサの出力がデジタル形式に変換されて、フォース・コンピュータ社 (Force Computer Inc.) のCPU 30ZBE のような単一ボード・コンピュータに記憶される。このコンピュータは平らなノッチ59の位置を判定する。基板57は適切な方向を向くまで回転され、基板ホルダに自動的に載置される。基板57を保持した基板ホルダは、図11の負荷エレベータ210に載せられる。基板ハンドラーの動作は総てシステム・コンピュータ36により制御される。

【0102】x-yステージ

30 x-yステージ24は、電子ビーム100及び位置合わせ用光学系22の下で基板57を移動させるものである。システムの複雑さを最小にするために、x-yステージ24は自由度がx軸方向及びy軸方向の2度に設定されている。即ち、x-yステージ24は回転することもできなければ、基板57のx-y面に垂直な方向に移動することもできない。x-yステージはx軸方向、y軸方向、斜め方向に移動できるだけである。電子ビーム・ラスタの回転は、走査をビームの2種類の静電偏向成分に分解し、x-yステージを機械的サーボによりx軸方向、y軸方向、斜め方向に移動させることにより、電子的に達成される。対物レンズが基板の高さ方向の変化の補償に十分な範囲の可変焦点を有しているので、z軸方向の移動は不要である。

40 【0103】x-yステージ24は、直線移動、直角移動、繰り返しを非常に精密に制御できる装置である。交差して配置されたローラ・ベアリングが使用されている。x-yステージは真空状態でも使用でき、電子ビーム100と干渉しないように非磁性体で構成されている。透過電子ビーム108がx-yステージ24の下で透過電子検出器129に到達できるように、x-yステ

25

ージはオープン・フレームを有している。オープン・フレームは、載置プロセスにおいて基板57を下からオープン・フレーム上に載置するためにも使用される。

【0104】図示していない三相ブラシレス・リニアモータを軸当り2個使用してx-yステージ24を駆動することにより、最良のシステム機能を達成するようにしている。適切なリニアモータとしては、アノラッド社(Anorad Inc.)が製造しているアノライン・モデルL1及びL2(Anoline model L1 and L2)を挙げることができる。

【0105】真空システム

真空システム全体は電子ビーム生成部制御コンピュータ42の制御下にある。図示していないがシステムの種々の場所には通常の圧力センサが配置されていて、圧力を測定し、測定結果を電子ビーム生成部制御コンピュータ42に通知している。この電子ビーム生成部制御コンピュータ42が、開始時或いは基板の載置又は取り出し中に、必要に応じて種々の弁を順次制御する。弁の順次制御ルーチンは、「載置動作」の項で詳しく説明する。真空状態が不十分で電子ビームの動作に不適切である場合には、高電圧を自動的に遮断して、熱的電界放出力ソード81が損傷を受けるのを防止している。この動作は、電子ビーム生成部制御コンピュータ42、システム・コンピュータ36、圧力センサの組み合わせにより実行される。同時に空気仕切弁145(図9と図11)が作動して、電子ビーム生成部20の超高真空領域140の汚染を防止する。真空システムの動作を以下に説明する。

【0106】電子銃の真空システムは、補強しなくても潰れないように設計されていて別々に排気される2段式システムである。約10⁻⁹トルの超高真空領域140はアノード・アパーチャ87により仕切られていて、イオン・ポンプ139により排気される。約10⁻⁸トルの中間の真空領域141は、空気ガン仕切弁145及びビーム制限アパーチャ99により主要真空領域143から仕切られていて、イオン・ポンプ149により排気されている。以上の真空諸要素により電界放出に最適な環境が得られる。

【0107】主要真空領域143はターボ・ポンプ204により真空状態に維持され、検査チャンバ206はターボ・ポンプ208により真空状態に維持される。検査チャンバ206は、プレートにより主要真空領域143から仕切られている。このプレートには電子ビームが通過する小さな孔が開けられている。このように検査チャンバ206と主要真空領域143とが仕切られているので、検査対象である基板がかなりの蒸気圧を有する光硬化性物質で被覆されていても、高真空状態を維持することができる。

【0108】真空システムは2個のエアロック224及び226を有している。一方は基板57を検査チャンバ206に載置するために使用され、他方は検査終了後に

26

基板57を取り出すために使用される。両エアロックはいずれも並列に配置されている弁212及び214を介して真空ポンプ220に連通している。弁212はエアロック224を低速で排気するためのもので、弁214は大きな開口を有していて大容積を排気することができる。同様の機構がエアロック226にも設けられている。この排気機構は構成が同じなので同一の参照符号で図示してある。同じ構成の排気機構を二重に設けた目的は、荷電粒子が排気処理により攪乱されるのを防止し、しかもチャンバの排気や加圧に必要な時間を短くするためである。

【0109】以下に詳細に説明するように、基板57がエアロック224に載置されると、先ず低速排気の弁212だけが開く。これによりチャンバ内の流速はエアロック224の領域の荷電粒子を攪乱しないように十分に低く維持される。チャンバ内の圧力が低下して空気流が自由分子流領域の水準、即ち、荷電粒子がもはや攪乱されない領域の水準に達すると、大容積排気の弁214を開いて、エアロック内に残っている空気を急速に排気する。同様の2段階動作が加圧処理にも使用されている。但し、加圧処理では両エアロック224、226のそれぞれについて高速及び低速の両通気用に更に別の一組の弁228及び230が設けられている。

【0110】載置動作

以前に説明したように、基板57は基板ハンドラー34の基板ホルダに保持されて、載置エレベーター210に搭載される。この時、エアロック224は大気圧状態にある。エアロック224を低速で排気する弁212が開く。エアロック224の圧力が分子流の圧力に達すると、大容積排気の弁214が開き、残りの空気が排気される。ここでゲート弁216が開いて、載置エレベーター210はゲート弁216を通過して基板57及び基板ホルダを検査チャンバ206にまで押上げて、ステージ24に載置する。基板57の検査が終了すると、逆の順序で基板57は基板収納用カセットに再び収められる。

【0111】或いは、基板のカセットを同様の方法でチャンバに載置することもできる。チャンバに載置したカセットに収納されている基板の総てについて検査が終了すると、カセットをチャンバから除去して、別のカセットと交換する。

【0112】更に、本発明は二重エアロック構成なので、一方のチャンバ内である基板を検査しながら、同時に他方のチャンバを使用して、別の基板の装着及び加圧をしたり、減圧及び除去をしたりすることができる。

【0113】オートフォーカス・システム

電子ビーム100は、図7に示したシステムの対物レンズ104の電流を変化させることにより収束される。基板は必ずしも平坦ではなく、x-yステージ24の表面は電子ビーム生成部20の軸に完璧に垂直ではないかも知れないので、最適な焦点電流は検査領域全体に渡って

変化する。しかしこの変化はx及びyの両軸方向の距離の関数としては遅いので、基板57上の数個の指定点で最適なフォーカス電流を決定することができる。指定点の間の任意の点については補間により所望のフォーカス電流を決定することができる。

【0114】検査処理の準備及び開始手続きの一工程として、指定点での最適なフォーカス電流の測定が行われる。このフォーカス校正処理は、ビームを指定点に位置付ける工程と、基板57の特徴のエッジに垂直な直線に沿ってグレースケール値を測定する工程とから成る。例えば、フォーカス電流の10個の異なる値に対して、デジ
10 タル化されたグレースケール値は、図示していない高域フィルタで畳み込まれる。最良のフォーカス電流は、高域フィルタの出力の内での最大の値に対応した電流である。好ましい実施例では、以下の畳み込み係数と共に二次微分フィルタを使用している。

【0115】 $-4 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8 \ 0 \ 0 \ 0 \ -4$
最良の効果を得るには高域フィルタの出力を平滑化しなければならない。フォーカス・コンピュータは電子ビーム生成部制御コンピュータ42の一部である。焦点の計算は、畳み込み集積回路と数個のDSP素子とから成る特別な目的のハードウェアで実行される。
20

【0116】位置合わせ用光学系
位置合わせ用光学系22は、ダイが検査チャンバに入った後に、ダイの粗い位置合わせを視覚的に実行するために、オペレータによって使用される。サブ・システムは、真空チャンバに面するウィンドウと、ディスプレイ46に表示するためのCCDカメラに画像パターンを投影するレンズとから成る。オペレータは2個のレンズのうちの一つを選択できる。本発明では、経験により一方
30 のレンズの倍率を0.46に、他方のレンズの倍率を5.8に設定してある。基板からの汚れが光学面に付着するのを防止するために、レンズは真空領域の外部に置かれている。

【0117】SEMプラズマ・クリーナ
本発明の電子ビーム装置が作動すると、近接相互作用（表面近くでの粒子の帯電）により標的物質が蒸発して高圧領域に引きつけられるので、電子ビームの形成や偏向に使用される様々な電極には有機物質が堆積する。表面の帯電により徐々に堆積していく絶縁体は電子ビームの形成や偏向機構に悪影響を及ぼすので、堆積した絶縁体は周期的に除去しなければならない。絶縁体の周期的な除去は絶縁体の堆積する領域の近傍に酸化プラズマを形成することにより達成される。

【0118】酸化プラズマの形成には、洗浄プラズマの形成のための主要なガスとして酸素が用いられる。図11に関して、酸素供給器199が中間の真空領域141及び主要真空領域143のそれぞれの上又は下方に弁193を介して連通していて、静電容量式圧力計197で圧力測定しながら質量流量制御装置195により流量
50

調節している。酸素の圧力を調節して、イオン化のための平行自由工程の異なる電極を1本づつ順次選択して、即ち、動作空間内の他の領域の洗浄に必要な他の電極を選択して、RFエネルギーを選択した電極にカップリングし、プラズマの励起を選択した電極に限定する。放電領域内の空間的プラズマ密度を厳密に制御して、空間的プラズマ密度を電極面のスパッタ電位のすぐ下の水準に維持することにより、有機物質のみを酸化させることができる。これは高周波で電極が独りでバイアスされるのを抑え、RF電力水準を正確にし、電圧を制限することにより達成することができる。

【0119】次に、図15を参照して説明する。通常の電極経路の接続は総てがリレー191により高周波コンパチブル多重リレー179に切り換えられて、体積物を除去する必要のある電極や、他の領域や、素子にRFエネルギーが順次照射される。高周波RF電力発生器173が起動されて、電力検出器175及び出力電圧検出器178により平滑化された出力を出す。平滑化されたRF出力を自動整合網177により適切な電圧、電流、移相関係に変換して、プラズマ放電の開始に十分な電子なだれを引き起こすと共に維持されている放電負荷の共役整合の実施をする。

【0120】同様に、プラズマにより符号171のような別の表面や電極をも洗浄することができる。以上、数種の動作モード及び典型的なルーチン及び実施例の装置に沿って本発明を説明したが、当業者であれば以上の説明及び図面に示されている内容から種々の変更を施して本発明を実施できることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシステム全体のブロック図。

【図2】ダイとデータベースとの比較検査に使用する走査パターンの概略図。

【図3】ダイとダイとの比較検査に使用する走査パターンの図。

【図4】幾つかの走査領域にわたって平均化されている画像を得るための多重フレーム走査統合技術の図。

【図5】図4に示した走査における電子ビームの公称X軸方向の偏向値を時間の関数として示した図。

【図6】図4に示した走査における基板状の電子ビームのX座標を時間の関数として示した図。

【図7】電子ビーム生成部及び収集システムの機能素子を示す概略図。

【図8】図7に示した電子ビーム生成部及び収集システムを通過する一次電子、二次電子、後方散乱電子、透過電子の経路を示す概略図。

【図9】マルチヘッド電子銃と真空系の概略図。

【図10】本発明の位置決め制御システムのブロック図。

【図11】本発明の真空システムの概略図。

【図12】本発明のアナログ偏向システムのブロック

図。

【図13】図1に示した本発明のメモリのブロック図。

【図14】本発明の画像収集プリ・プロセッサのブロック図。

【図15】プラズマ酸化サブ・システムの電気的構成要素を示すために図7の電子ビーム生成部を修正して示す概略図。

【符号の説明】

10…検査システム
20…電子ビームコラム
21…位置合わせコンピュータ
22…位置合わせ用光学系
23…データベース
24…x-yステージ
26…ステージ・サーボ
28…干渉計
29…VME1
30…アナログ偏向回路

31…VME2

32…検出器

33…信号

34…基板ハンドラー

36…システム・コンピュータ

38…コンピュータ・ディスプレイ

40…ユーザ・キーボード

42…コラム制御コンピュータ

44…ビデオ・フレーム・バッファ

10 46…画像ディスプレイ

48…画像捕獲（アキュイジション）前置プロセッサ

50…偏向コントローラ

52…メモリ・ブロック

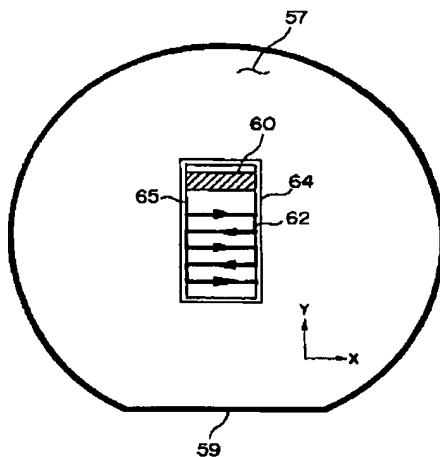
54…データベース・アダプタ

56…欠陥プロセッサ

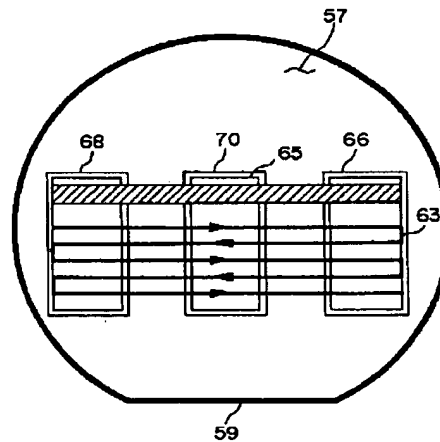
57…基板

58…ポスト・プロセッサ

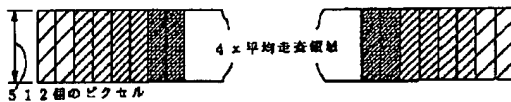
【図2】



【図3】



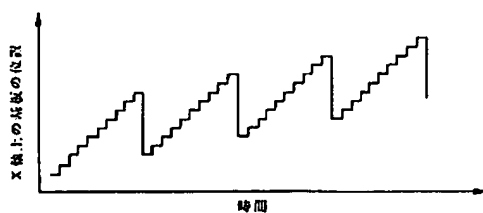
【図4】



【図5】

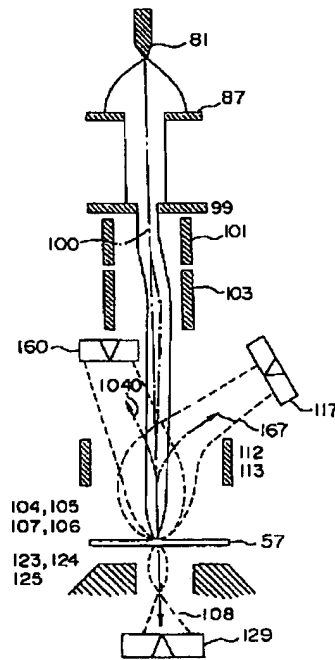
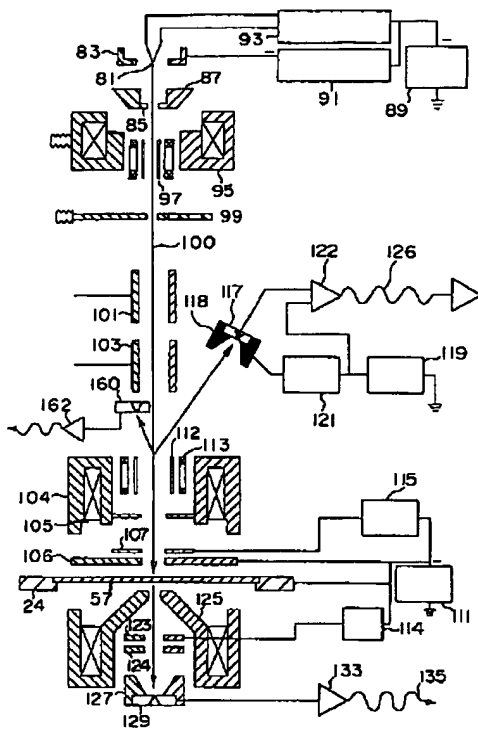


【図6】



[illegible]

【図8】



【例 11】

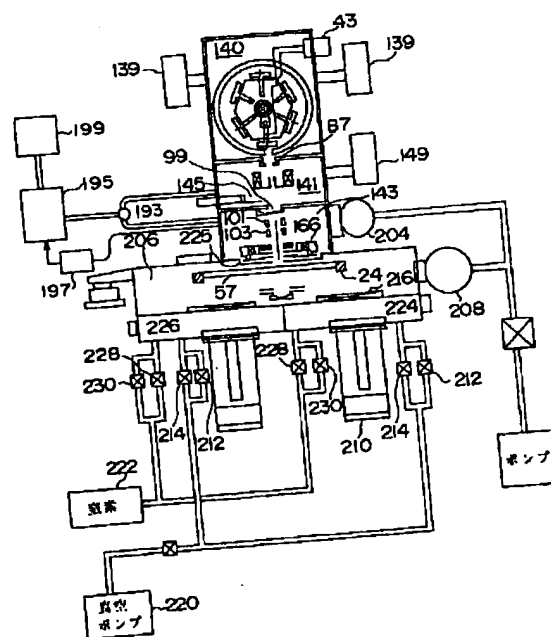
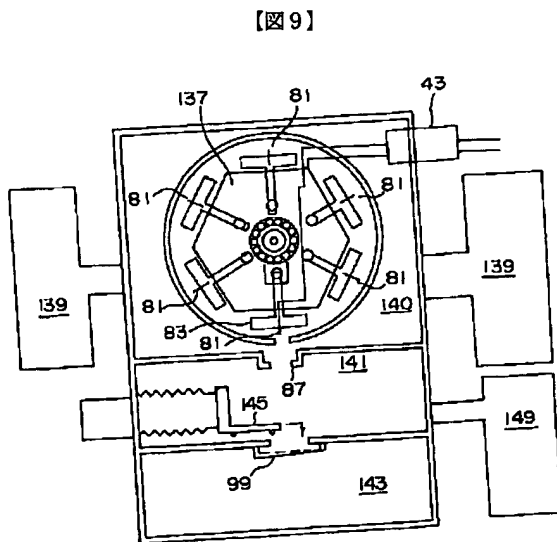


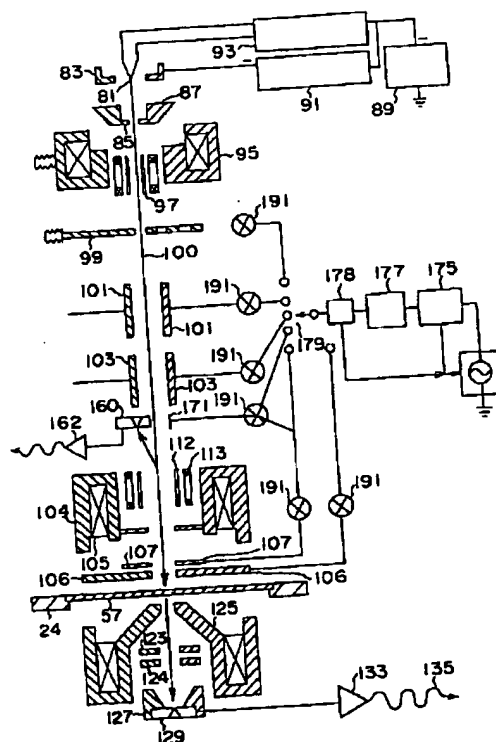
Figure 1 is a block diagram of a beam position control system. The system includes the following components and connections:

- 21**: 位置合わせコンピュータ (Positioning Computer)
- 42**: 電子ビーム生成部制御コンピュータ (Electron Beam Generation Section Control Computer)
- 50**: 偏向コントローラ (Deflection Controller)
- 30**: アナログ偏向回路 (Analog Deflection Circuit)
- 28**: 干渉計 (Interferometer)
- 26**: ステージサーボ (Stage Servo)
- 24**: X-Y ステージ (X-Y Stage)
- 81**: 検出器 (Detector)
- 103**: 検出器の受光部 (Detector's Receiving Part)
- 101**: 検出器の出力部 (Detector's Output Part)

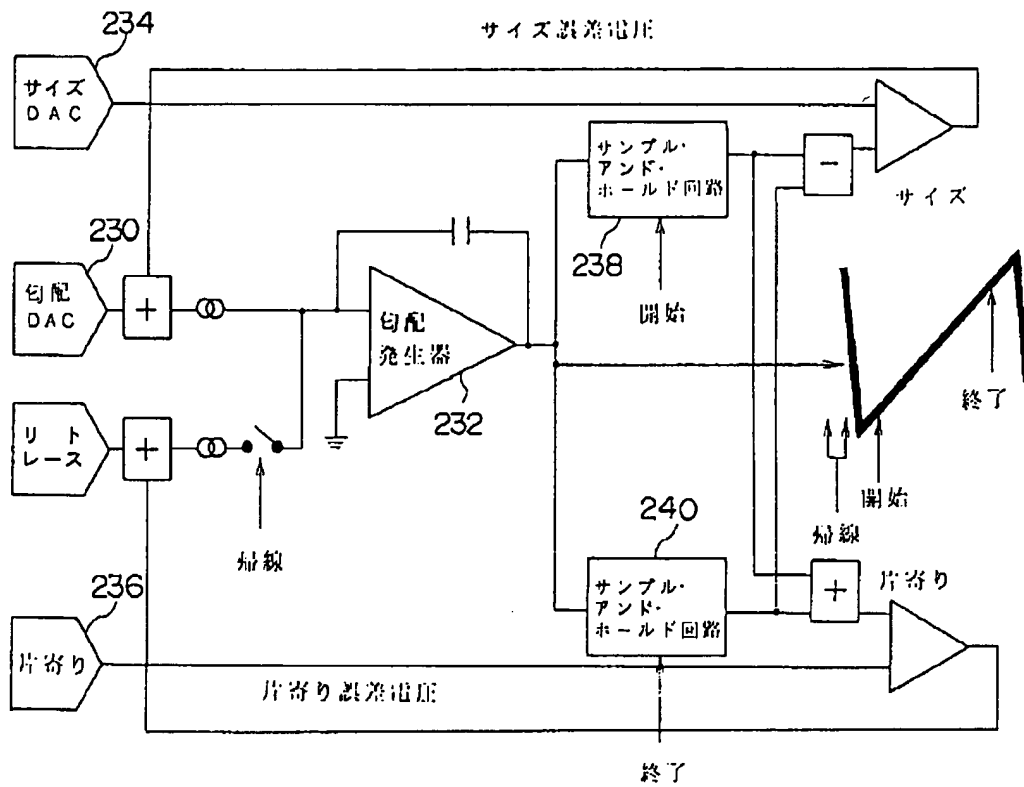
The connections are as follows:

- Positioning Computer (21) and Electron Beam Generation Section Control Computer (42) both send signals to the Deflection Controller (50).
- The Deflection Controller (50) sends a signal to the Analog Deflection Circuit (30).
- The Analog Deflection Circuit (30) sends a signal to the Detector's Receiving Part (103).
- The Detector's Receiving Part (103) sends a signal to the Detector's Output Part (101).
- The Detector's Output Part (101) sends a signal to the Interferometer (28).
- The Interferometer (28) sends a signal to the Deflection Controller (50).
- The Deflection Controller (50) sends a signal to the Stage Servo (26).
- The Stage Servo (26) sends a signal to the X-Y Stage (24).
- The X-Y Stage (24) moves the Detector (81) along the X and Y axes.

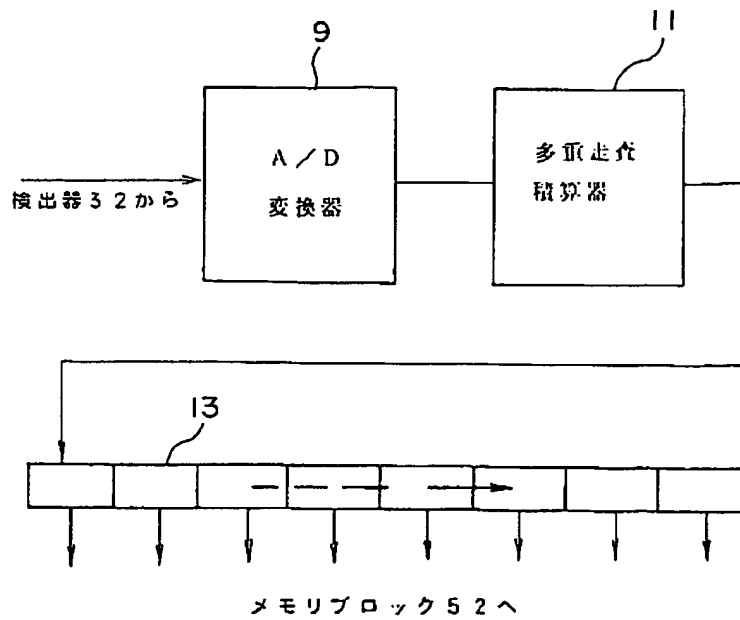
【図 15】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

- (72)発明者 ダン・マイスパーガー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95120、サン・ホセ、モンタルパン・ド
ライブ 1507
- (72)発明者 アラン・ディー・ブローディー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94303、パロ・アルト、パン・オーケン・
サークル 998
- (72)発明者 アニル・エー・デサイ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95131、サン・ホセ、フォー・オークス・
ドライブ 1703
- (72)発明者 デニス・ジー・エムゲ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95127、サン・ホセ、グリッドレイ・スト
リート 951
- (72)発明者 ツオン - ウエイ・チェン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94306、パロ・アルト、アパートメント
204、ターマン・ドライブ 4260
- (72)発明者 リチャード・シモンズ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94022、ロス・アルトス、アルバラド・ア
ベニュー 44

- (72)発明者 デーブ・イー・エー・スミス
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94403、サン・マテオ、キングリッジ・ド
ライブ 4022
- (72)発明者 エイプリル・ダッタ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95035、ミルピタス、パーク・グローブ・
ドライブ 1151
- (72)発明者 ジェイ・カークウッド・エイチ・ラフ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95112、サン・ホセ、エス・フォーティー
ンス・ストリート 264
- (72)発明者 レスリー・エー・ホンフィ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94087、エスブイ、モーニングサイド・ド
ライブ 1295
- (72)発明者 ヘンリー・ピアス - パーシ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
95030、ロス・ガトス、スカイビュー・テ
ラス 23415
- (72)発明者 ジョン・マクマートリー
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94025、メンロ・パーク、コットン・スト
リート 650
- (72)発明者 エリック・マンロー
イギリス国、エスダブリュ7、ロンドン、
コーンウォール・ガーデン 14、フラット
1